Il *digital twin* dei siti culturali per l'inclusività e la valorizzazione. Il Castello Aragonese di Ischia

Saverio D'Auria
Maria Ines Pascariello
Tomás Enrique Martinez Chao

Abstract

Il patrimonio storico-culturale rappresenta un volano di sviluppo economico, sociale e scientifico per il nostro Paese: ponendo in stretta sinergia le eccellenze nei campi della tecnologia, del turismo, della ricerca scientifica, della cultura e della gestione manageriale, i beni culturali potrebbero diventare veri e propri 'elementi driver', agendo come acceleratori di competitività territoriale.
Il lavoro che qui si presenta affronta il tema dell'inclusività del patrimonio culturale e rivolge particolare attenzione agli elementi collocati in aree fragili dal punto di vista sociale e territoriale. Trasformare gli elementi del patrimonio culturale in oggetti inclusivi vuol dire renderli accessibili a tutte le tipologie di utenze (residenti, visitatori, turisti, giovani, anziani, categorie deboli) ampliando le opportunità di conoscenza sia per gli esperti (studiosi, ricercatori, specialisti) sia per un pubblico ampio.
Pertanto, questo lavoro si prefigge di raggiungere un alto livello di digitalizzazione informativa multi-scalare di un bene culturale campione, attraverso la messa a punto di un processo metodologico di trasversalizzazione dei saperi che faccia comunicare e interloquire, su piattaforma informativa, ricercatori e studiosi di discipline differenti attraverso la condivisione e l'interrogazione del *digital twin* del complesso monumentale oggetto di studio ottenuto a partire da operazioni di rilevamento tridimensionale altamente affidabili.

Parole chiave
gemello digitale, accessibilità, rilievo 3D, intelligenza artificiale, realtà aumentata

Percorsi inclusivi di visita. Elaborazione grafica degli autori.

doi.org/10.3280/oa-1016-c342

Introduzione

L'accessibilità ampliata e l'inclusività nell'ambito dei beni culturali in Italia sono tematiche ancora acerbe [Barone, Ferrara 2021, p. 112], in molti casi limitate al solo concetto di superamento delle barriere architettoniche. Inoltre, non sono stati attualmente stabiliti protocolli avanzati di ricerca e linee guida per la progettazione di percorsi inclusivi di visita, anche virtuali [Cefai 2021, p. 58]. Il tema è stato affrontato in contesti accademici senza tuttavia l'organicità e la continuità che sarebbero necessarie per potere confluire in strutture teoriche, metodologie sperimentate e azioni prescrittive. Occuparsi oggi di accessibilità, in termini ampi che coinvolgano anche la sfera sensoriale e cognitiva, offre la possibilità di comunicare il sapere ad un pubblico sempre più vasto ed eterogeneo.
D'altra parte, utilizzando il supporto delle tecnologie che riguardano i sistemi integrati di telecomunicazione e che permettono agli utenti di creare, immagazzinare e scambiare informazioni, è possibile alimentare l'accessibilità culturale del patrimonio e migliorarne la gestione sostenibile soprattutto attraverso il potenziamento della vivibilità per i residenti e l'attrattività per i visitatori [Maietti, Ferrari, Medici 2018, pp. 446-455]. Un tale strumento, opportunamente organizzato, permette infatti di raggiungere un elevato livello di conoscenza che consente anche la progettazione di percorsi inclusivi, sia reali sia virtuali, in loco e da remoto, che permettono a loro volta di far vivere esperienze di fruizione nuove, immersive e di conoscenza aumentata. Ciò richiede, però, la definizione di un disegno ampio di valorizzazione del bene, basato su una visione olistico-sistemica che, tenendo conto delle vastissime applicazioni delle ICT, ne esalti le potenzialità pervasive e punti alla eccellenza del prodotto.
In tal senso anche nell'ambito dell'architettura e dell'archeologia, sembra arrivato a un buon livello di maturazione il processo di gestione – in senso lato – del bene attraverso la creazione di un *digital twin* inteso, in questi ambiti, come una copia virtuale dinamica di un manufatto o di un ambito urbano che, opportunamente modellato e interrogato, si comporta in modo simile alla sua controparte reale. Pertanto, il *digital twin* si può considerare come un sistema ideato per analizzare il comportamento dell'oggetto reale in scenari futuri, ad esempio per simulare interventi di manutenzione, restauro o rifunzionalizzazione, prevedere percorsi museali o di visita, definire azioni di salvaguardia e di mitigazione dei rischi, riducendo costi e tempi di sviluppo di una progettazione di tipo tradizionale.

L'oggetto reale: dallo studio delle fonti disponibili alla descrizione analitica

Il caso-studio presentato per l'applicazione di una tale metodologia integrata è il Castello Aragonese di Ischia [1], luogo di difficile accessibilità e al tempo stesso contenitore di patrimoni esclusivi, caratterizzati da unicità geo-morfologiche e architettoniche: il castello – termine con cui viene indicata l'intera cittadella fortificata che si arrocca sullo scoglio di origine vulcanica nella parte più orientale dell'isola – racchiude quasi come uno scrigno beni artistici, emergenze archeologiche e vedute paesaggistiche di inestimabile valore e riconosciuti a livello internazionale [Capano 2020, pp. 619-622]. Le peculiarità orografiche dell'isolotto, unite all'attenta organizzazione difensiva degli spazi aperti, lo rendono a tutt'oggi difficilmente accessibile, così come la carenza di documentazione storica fa sì che ci siano ancora molti elementi da chiarire (fig. 1).
Il castello di Ischia fu costruito sull'isolotto noto come *insula minor* nella seconda metà del XIII secolo, durante il regno angioino. L'isola d'Ischia è sempre stata caratterizzata da un'intensa attività sismica fin dall'epoca preistorica e storica. La catastrofica eruzione del 1301, infatti, distrusse il principale villaggio dell'isola maggiore, portando alla repentina urbanizzazione dell'isolotto [Castagna 2017, pp. 11-22]. Prima di conquistare Napoli, Alfonso d'Aragona soggiornò a Ischia, verificando le possibilità strategiche di questi luoghi. Durante il suo regno costruì un moderno castello – così come lo conosciamo oggi – accanto alla fortezza angioina.
La sperimentazione metodologica condotta su questo caso-studio si inquadra nella più generale problematica della conoscenza per la divulgazione e la fruizione in un circuito di turismo culturale delle architetture e dei luoghi difficilmente fruibili. Inoltre, le rapide mutazioni edi-

Fig. 1. Foto da drone dell'isolotto che ospita il Castello Aragonese di Ischia. Fotografia degli autori.

lizie concretizzatesi nell'intero territorio della regione Campania, soprattutto a partire dalla metà del Novecento, hanno trasformato spesso in maniera significativa la configurazione dei luoghi, mutando o addirittura compromettendo la permanenza di quei manufatti che pure presentano un indubbio interesse storico e architettonico. Attualmente i manufatti fortificati, pur privi da tempo delle funzioni che ne avevano resa necessaria la costruzione in un'ottica di controllo del territorio, rivestono ancora grande importanza in Campania, sia per la loro collocazione nel paesaggio, sia perché documento di sé stessi, ovvero testimonianza materica delle vicende storiche e della cultura tecnico-costruttiva di luoghi caratterizzati dalle disomogenee vicende e pulsioni di sviluppo (fig. 2).
Pertanto, il castello di Ischia offre la possibilità di sperimentare e mettere a punto un approccio metodologico volto alla realizzazione del *digital twin* legato al *Cultural Heritage*, in quanto è al tempo stesso un oggetto unitario e testimone di una situazione urbanistica complessa.
La cittadella fortificata ospita, infatti, tante emergenze architettoniche collegate da percorsi intrecciati e dalla notevole articolazione morfologica (fig. 3). Si citano solo alcuni elementi:

- la Cattedrale dell'Assunta (su cui si concentra maggiormente questo studio) fu costruita dopo l'eruzione dell'Arso del 1301 in sostituzione della distrutta cattedrale esistente sull'*insula major*. Fu realizzata al di sopra di una preesistente cappella che ne divenne così l'attuale cripta, ricca di preziosi affreschi medioevali. Conobbe il massimo splendore negli anni del Rinascimento e, in particolare, quando ospitò le nozze di Vittoria Colonna e Ferrante d'Avalos nel 1509. Oggi si trova allo stato di rudere a causa dei bombardamenti inferti nel 1809 dalle truppe anglo-borboniche e dal successivo abbandono per oltre un secolo;
- il Convento di Santa Maria della consolazione, con androne e chiostro, fu fondato nel 1575 e ospitava fino a 40 monache di clausura. Il Convento fu soppresso nel 1810 con la legge di secolarizzazione emanata da Gioacchino Murat, Re di Napoli;
- la Chiesa dell'Immacolata, costruita a partire dal 1737 al posto di una precedente cappella dedicata a San Francesco. Presenta una pianta a croce greca con l'aggiunta di un presbiterio e di un pronao d'ingresso. L'invaso interno, decorato riccamente di cornici, lesene, paraste e stucchi barocchi è concluso da un'alta cupola impostata su un tamburo circolare;
- il Cimitero delle Monache, del XVI secolo, è situato al di sotto della chiesa dell'Immaco-

Fig. 2. Abraham Ortelius, *Ischia quae olim Aenaria*, 1590. Bibliothèque Nationale de France IFN-10101436. Public domain <http://ark.bnf.fr/ark:/12148/cb445873153>.

Fig. 3. Vista della cittadella fortificata dall'unica via di accesso. Fotografia degli autori.

lata. È costituito da una serie di ambienti, coperti da basse volte a botte, che accolgono seggioloni in muratura sui quali venivano assisi i corpi senza vita. La carne si decomponeva lentamente, gli umori venivano raccolti in appositi vasi e infine gli scheletri essiccati ammucchiati nell'ossario;

- il carcere borbonico fu inaugurato nel 1823 dai Borbone di Napoli. Nel 1851, insieme a criminali, furono rinchiusi prigionieri politici, tra cui si ricordano Carlo Poerio, Michele Pironti, Nicola Nisco e Filippo Agresti. Le robuste porte, i massicci cancelli, le diverse garitte testimoniano la severità del carcere.
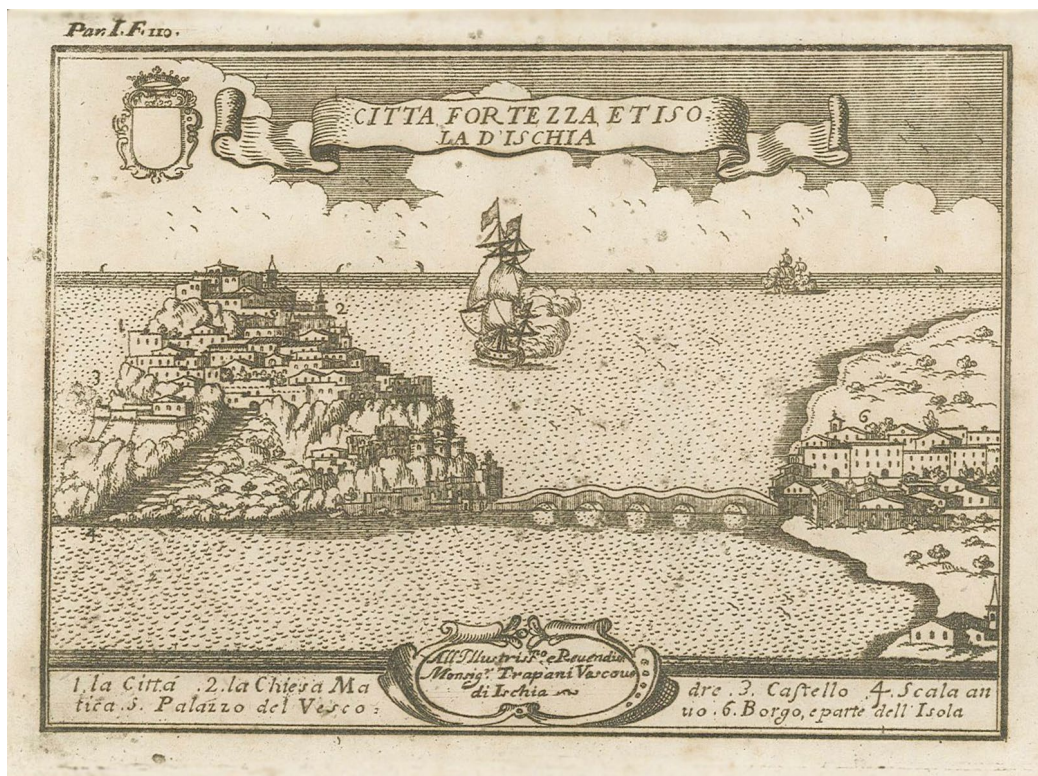
Fig. 4. Giovan Battista Pacichelli, *Citta, Fortezza, et Isola d'Ischia*, 1703.

La creazione del *digital twin*: metodologia di lavoro e *work packages*

Il castello di Ischia rappresenta un ideale banco di prova per testare una procedura integrata volta all'agevolazione della fruizione e dell'accessibilità, in tutte le fasi della progettazione, dall'acquisizione dei dati dimensionali alla modellazione delle parti ed alla loro resa fruitiva e interattiva.
Da un punto di vista applicativo, il lavoro intende utilizzare tecnologie di realtà miste (con particolare riferimento ad applicazioni di realtà aumentata) e di applicazioni di intelligenza artificiale, basate su modelli geometrici ottenuti da rilevamento fotogrammetrico aereo e terrestre e da laser-scanning terrestre fruibili mediante applicativi *web-based* attraverso i quali interagire in *real-time*.
La metodologia complessiva di progetto si articola in due ambiti paralleli: in riferimento agli studi culturali, alle identità e memorie storico-sociali e al patrimonio artistico e architettonico, l'utilizzo del caso studio offre la possibilità di applicare i processi analitici per poi testarli e infine validarli con l'obiettivo di renderli reiterabili su qualunque altro oggetto con caratteristiche affini (fig. 4).
Il risultato atteso è appunto la costruzione ex novo di un gemello digitale capace di rendere evidenti e leggibili tutti i caratteri di uno spazio urbano inteso come binomio di patrimonio materiale e immateriale. Nell'ambito poi della modellazione computazionale e digitalizzazione in campo culturale l'utilizzo del caso studio si propone di applicare la metodologia del rilievo digitale con l'obiettivo di creare un modello dell'oggetto che consenta di arricchire con sempre maggiore precisione il database del patrimonio digitale. Il risultato atteso è l'arricchimento della conoscenza e la facilitazione dell'accesso al patrimonio culturale.
La metodologia proposta si basa su un approccio multilivello che combina e integra tutti i dati provenienti da pacchetti di lavoro – indicati come WP e organizzati in successione logica – secondo fasi di approfondimento crescenti esemplificati nell'immagine (fig. 5).
La prima fase di lavoro, indicata come WP1, è quella in cui ci si occupa di acquisire e digitalizzare tutti i dati provenienti dalle attività di rilievo e rappresentazione, integrate dall'analisi documentaria e cartografica e dall'analisi delle caratteristiche urbanistiche. Questo pacchet-
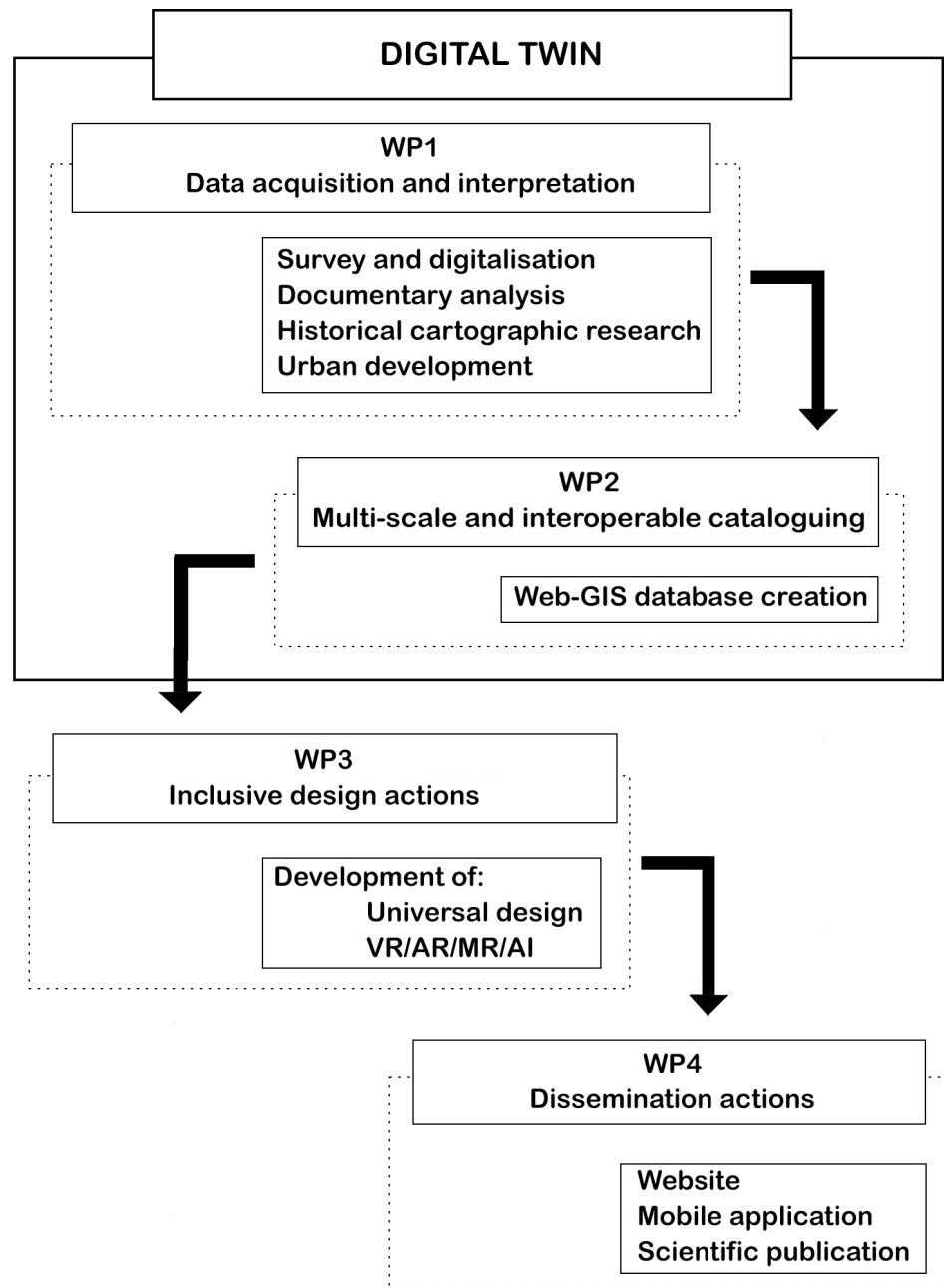
Fig. 5. Schema metodologico della ricerca. Elaborazione degli autori.

to di lavoro presuppone l'utilizzo di strumenti diversi basati su indagini digitali multiscalari: immagini provenienti da sistema aperto disponibile, immagini create attraverso il rilievo 3D *image* e *range based*, nuove cartografie digitali prodotte dalla comparazione della cartografia storica e dei dati d'archivio (fig. 6).
Esso ha l'obiettivo di fornire l'inventario di tutti i dati necessari ad arricchire le informazioni offerte dai dati di analisi, ricognizione e di censimento, per catturare le caratteristiche chiave del sito, garantendo un'interpretazione completa. L'attenzione è rivolta sia ai dati morfogeometrici sia ai dettagli costruttivi, ornamentali e strutturali (fig. 7).
Il *toolkit* delle operazioni di rilievo digitale viene riversato nella seconda fase di lavoro – WP2 – e contribuisce alla creazione di un sistema GIS categorizzato e georeferenziato e un database *web-oriented*, di facile utilizzo e interattivo, inteso come interfaccia di piattaforma disponibile per utenti interessati alla conoscenza e al reperimento di informazioni. Una procedura che va oltre l'accuratezza della tipica valutazione a grande scala e predispone un kit di strumenti che impiega la potenza del rilievo digitale per descrivere e classificare il caso studio.

Fig. 6. Modelli 3D da rilievo digitale di alcune emergenze architettoniche nel Castello. Elaborazione grafica degli autori.

Fig. 7. Ortoimmagine della parete destra della cripta gentilizia della Cattedrale dell'Assunta. Elaborazione grafica degli autori.
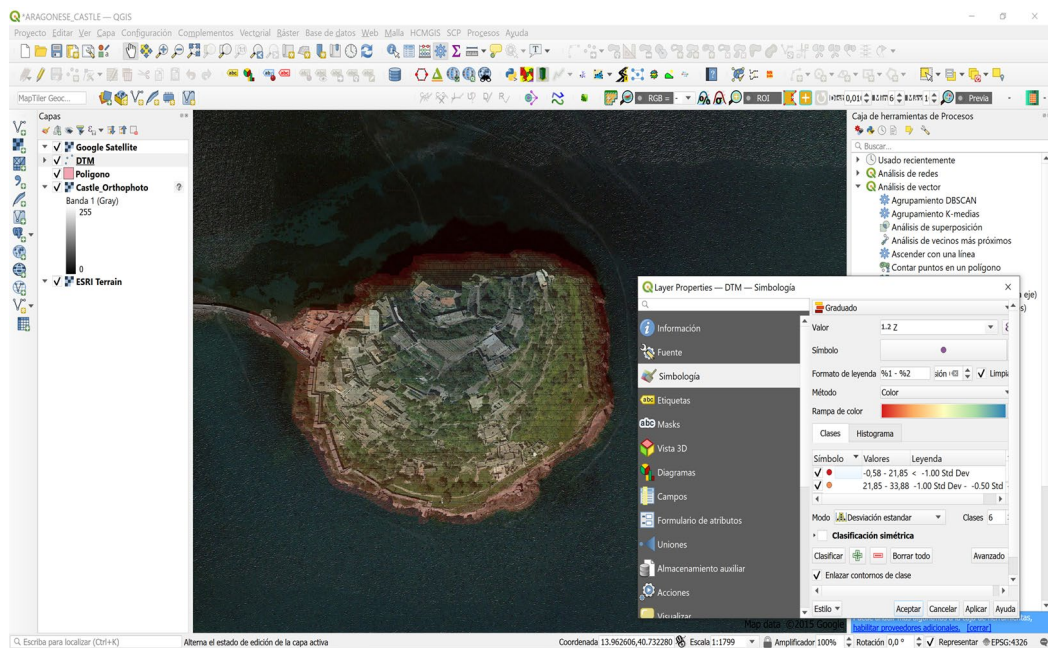
Fig. 8. Interfaccia GIS con DEM dell'isolotto fortificato. Elaborazione grafica degli autori.

In questo pacchetto di lavoro il castello di Ischia è l'input essenziale per la creazione del GIS in cui confluiscono le nuove planimetrie provenienti dalle azioni di rilevamento e le cartografie storiche reperite nella fase analitica (fig. 8).
Una volta creato il *database* web-GIS le attività vengono orientate alla fase di validazione dedicate sia alla verifica dell'affidabilità dei dati acquisiti in WP1 sia dello scenario di fruizione del sito ottenuto dal nuovo WP2. Gli strumenti sviluppati mirano a standardizzare e automatizzare la fase di raccolta dei dati portata avanti nel WP1 mediante operazioni di rilievo digitale che hanno consentito di creare un database GIS e *web-oriented* categorizzato e georeferenziato, facile da usare e interattivo, inteso come interfaccia per la conoscenza e la fruizione.
Sulla scorta dei dati raccolti e organizzati in maniera multi-scalare, possono essere elaborate linee guida – nella terza fase WP3 – riservate all'inclusività dei beni culturali in contesti complessi dal punto di vista morfologico e urbanistico. Tali regole riguardano le *best pratics* per l'*universal design* e la fruizione turistica ampliata, fisica e virtuale e tengono conto delle più moderne tecnologie per il superamento, fisico e virtuale, delle barriere architettoniche e le tecniche di realtà virtuale, aumentata e mista sfruttando anche l'intelligenza artificiale, il tutto per migliorare l'approccio degli *stakeholders* al sito di interesse (fig. 9).
Infine, si propone la diffusione dei risultati come attività essenziale per tutto il WP4 che è interamente riservato a tale obiettivo sia attraverso la creazione di una piattaforma web dedicata che alla possibilità di diffondere i dati attraverso web GIS.

Conclusioni

La digitalizzazione del patrimonio costruito è un tema fortemente dibattuto in ambito accademico e professionale. Le potenzialità offerte dal digitale in questo ambito sono teoricamente illimitate, se solo pensiamo all'avanzamento della ricerca e della produttività in settori già tecnologicamente strutturati come la manifattura, l'*automotive* e l'aerospazio (solo per citarne alcuni).
Il settore delle costruzioni in generale, e quello dei beni culturali in particolare, stanno affrontando le nuove sfide offerte dalla tecnologia in maniera propositiva, ma a volte disorganica. Realtà virtuale, aumentata e mista (fig. 10), intelligenza artificiale, modellazione parametrica, rilievo tridimensionale rappresentano certamente gli strumenti che, criticamente

Fig. 9. Un'applicazione di AI per il riconoscimento automatico di percorsi accessibili. Elaborazione grafica degli autori.

impiegati e convogliati nel *digital twin*, possono fornire linfa nuova al *Cultural Heritage* sotto tanti punti di vista: la ricerca scientifica, la disseminazione, la valorizzazione, il turismo, la manutenzione, il restauro.
Portando l'esempio del caso-studio, il completamento del *digital twin* comporterà un notevole avanzamento della ricerca sul Castello Aragonese di Ischia con immediate ricadute
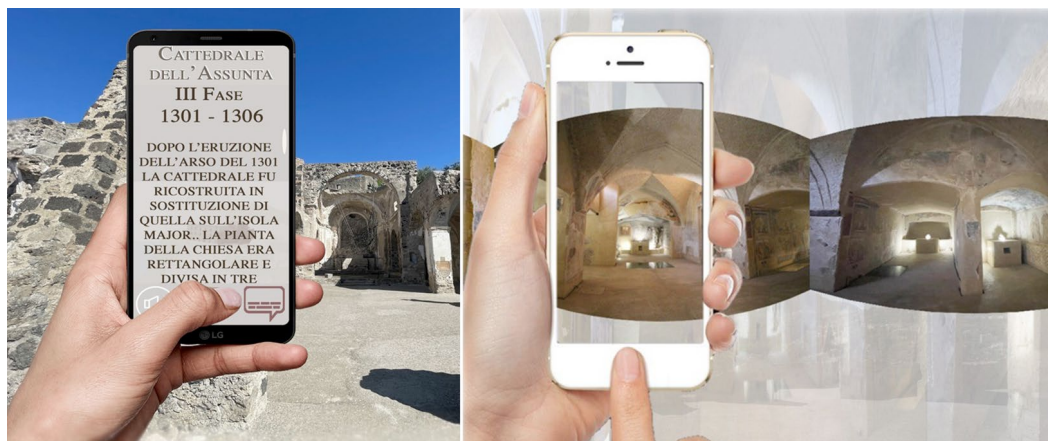
Fig. 10. Applicazioni di realtà aumentata per alcuni percorsi di visita al Castello. Elaborazione grafica degli autori.

Fig. 11. Ortoimmagine delle coperture della Cattedrale dell'Assunta e relativo grafico di rilievo. Elaborazione grafica degli autori.

positive dal punto di vista culturale e turistico. Basti pensare che la condivisione delle informazioni su piattaforma web *open source*, per un luogo già di per sé difficilmente accessibile come l'isola di Ischia, permetterà a tanti studiosi di intraprendere o continuare con maggiore facilità i propri studi in materia. Inoltre, la disponibilità immediata di elaborati infografici e dati analitici (fig. 11) porta con sé una immediata semplificazione di tutti gli interventi di manutenzione, restauro e rifunzionalizzazione che un'opera così complessa richiede nel tempo, con un miglior dialogo anche con le pubbliche amministrazioni.
Inoltre, le azioni di disseminazione (eventi culturali, siti web, applicazioni per *device* mobili, workshop accademici, convegni nazionali e internazionali) determinano ricadute positive per l'intero territorio dell'Isola di Ischia, con un significativo indotto dovuto al turismo culturale e ai viaggi di studio.

Crediti

Il Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale dell'Università di Napoli Federico II ha stipulato un accordo di collaborazione scientifica con Castello Aragonese s.a.s, la società che gestisce gran parte dei beni presenti sull'isolotto fortificato, al fine di definire metodologie applicative e di ricerca per migliorare la valorizzazione e l'inclusività delle emergenze architettoniche e paesaggistiche ospitate: il responsabile scientifico per il Dipartimento è l'ing. Saverio D'Auria, per la società è l'arch. Nicola Mattera.
Il presente contributo è solo una sintesi del più ampio lavoro di ricerca ed è frutto del lavoro congiunto degli autori; in particolare Maria Ines Pascariello è autrice dell'Introduzione e del paragrafo 'L'oggetto reale: dallo studio delle fonti disponibili alla descrizione analitica', Saverio D'Auria è autore del paragrafo 'La creazione del *digital twin*: metodologia di lavoro e *work packages*' e delle Conclusioni, Tomás Enrique Martinez Chao ha partecipato a tutte le attività di rilievo e ha elaborato le immagini di fig. 5, fig. 8 e fig. 9.

Riferimenti bibliografici

Amirante G., Pessolano M.R. (a cura di). (2008). *Territorio, fortificazioni, città. Difese del Regno di Napoli e della sua capitale in età borbonica*. Napoli: Edizioni Scientifiche Italiane.

Barone Z., Ferrara C. (2021). *Linee guida per un protocollo all'accessibilità della città storica di Palermo*. Palermo: Edizioni Caracol.

Campi M., di Luggo A., Scandurra S. (2017). 3D Modeling for the knowledge of Architectural Heritage and virtual reconstruction of its historical memory. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII2/W3, pp. 133-139.

Capano F. (2006). Ischia tra Cinquecento e Ottocento. In C. de Seta, A. Buccaro (a cura di). *Iconografia delle città in Campania. Napoli e i centri della provincia*, pp. 217-237. Napoli: Electa Napoli.

Capano F. (2020). L'isolotto del castello di Ischia. In A. Buccaro, M. Rascaglia (a cura di). *Leonardo e il Rinascimento nei Codici Napoletani. Influenze e modelli per l'architettura e l'ingegneria*, pp. 619-622. Poggio a Caiano: CB Edizioni.

Castagna R. (2017). Il Castello Aragonese di Ischia nei secoli della decadenza. In *La Rassegna di Ischia*, n. 6, pp. 11-22.

Cefai S. (2021). *Guidelines for accessibility in the historic city of Valletta*. Palermo: Edizioni Caracol.

Cucinella M. (2018). *Arcipelago Italia. Progetti per il futuro dei territori interni del Paese. Padiglione Italia alla Biennale Architettura 2018*. Macerata: Quodlibet.

D'Ascia G. (1867). *Storia dell'isola d'Ischia descritta da Giuseppe D'Ascia*. Napoli: Stabilimento Tipografico di Gabriele Argenio.

D'Auria S., Luglio M., Roseti C., Strollo R.M., Zampognaro F. (2016). Real time transmission of cultural heritage 3D survey in case of emergency. In J. Pielorz, R. Duro, A. Preinerstorfer (a cura di). *3rd International Conference on Information and Communication Technologies for Disaster Management (ICT-DM), Vienna, 13-15 dicembre*, pp. 1-6. IEEE Catalog Number CFP1628X-ART.

De Luca L. (2020). Towards the Semantic-aware 3D Digitisation of Architectural Heritage: The "Notre-Dame de Paris" Digital Twin Project. In *SUMAC'20: Proceedings of the 2nd Workshop on Structuring and Understanding of Multimedia heritAge Contents, Seattle, 12 ottobre 2020*, pp. 3-4. New York: Association for Computing Machinery.

Delizia I. (1990). *Ischia d'altri tempi*. Napoli: Electa Napoli.

Delizia I. (1991). Il castello di Ischia. In *Napoli nobilissima, numero monografico: Ricordo di Roberto Pane*, n. 1, pp. 264-274.

Di Lustro A. (2010). *Ecclesia Maior Insulana, La Cattedrale di Ischia dalle origini ai giorni nostri*. Forio: Puntostampa.

Fistola R., Rastelli A., Pham C., Amore F.O. (2020). Augmented reality for cultural heritage: a new dimension for the perceptual knowledge. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference Florence Heri-tech: the Future of Heritage Science and Technologies*, 14-16 ottobre 2020, Online Edition, vol. 949, pp. 1-9. Bristol: IOP Publishing.

Loperfido A. (1914). *Livellazione geometrica di precisione. Isola d'Ischia e Vesuvio*. Firenze: Tipografia Barbera.

Maietti F., Ferrari F., Medici M. (2018). An inclusive approach to Digital Heritage for knowledge and conservation of European assets: the INCEPTION project. In C. Gambardella (a cura di). *World heritage and knowledge. representation, restoration, redesign, resilience*. Roma: Gangemi.

Monti P. (1980). *Ischia Archeologia e Storia*. Napoli: F.lli Porzio.

Nappi R., Alessio G., Bellucci E. (2010). A case study comparing landscape metrics to geologic and seismic data from the Ischia Island (Southern Italy). In *Applied Geomatics*, n. 2, pp. 73-82.

Ozdemir E., Remondino F. (2018). Segmentation of 3D photogrammetric point cloud for 3D building modeling. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-4/W10, pp. 135-142.

Pilato S. (2015). *La cappella dei Calosirto. Il ritrovamento di un oratorio gentilizio nascosto*. Ischia: Castello Aragonese d'Ischia.

Pine B. J., Gilmore J. H. (2015), *L'economia delle esperienze*. Milano: Etas.

Scandurra S., Pulcrano M., Cirillo V., Campi M., di Luggo A., Zerlenga O. (2018). Integrated survey procedures for the virtual reading and fruition of historical buildings International. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2, pp. 1037-1044.

Tilden F. (2009). *Interpreting our heritage*. USA: University of North Carolina Press.

Autori
Saverio D'Auria, Università degli Studi di Napoli Federico II, saverio.dauria@unina.it
Maria Ines Pascariello, Università degli Studi di Napoli Federico II, mipascar@unina.it
Tomás Enrique Martinez Chao, Università degli Studi di Napoli Federico II, tomasenrique.martinezchao@unina.it

Per citare questo capitolo: D'Auria Saverio, Pascariello Maria Ines, Martinez Chao Tomás Enrique (2023). Il digital twin dei siti culturali per l'inclusività e la valorizzazione. Il Castello Aragonese di Ischia/Digital Twin of Cultural Sites for Inclusiveness and Promotion. The Aragonese Castle of Ischia. In Cannella M., Garozzo A., Morena S. (a cura di). *Transizioni. Atti del 44° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Transitions. Proceedings of the 44th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 1153-1174.

 Isbn 9788835155119

Digital Twin of Cultural Sites for Inclusiveness and Promotion. The Aragonese Castle of Ischia

Saverio D'Auria
Maria Ines Pascariello
Tomás Enrique Martinez Chao

Abstract

Cultural Heritage represents a driving force of economic, social and scientific development for our country: by placing the excellences in the fields of technology, tourism, scientific research, culture and managerial management in close synergy, CH could become real 'driver elements', acting as accelerators of territorial competitiveness.
The work presented here deals with the issue of inclusiveness of historical sites and pays particular attention to the elements located in fragile areas from a social and territorial point of view. Transforming the elements of Cultural Heritage into inclusive objects means making them accessible to all types of users (residents, visitors, tourists, young people, elderly, vulnerable categories) by expanding the opportunities for knowledge both for experts (scholars, researchers, specialists) and for a wide audience.
Therefore, this work aims to achieve a high level of multi-scalar information digitalization of a sample cultural site, through the development of a methodological process of knowledge transversalization that makes researchers and scholars communicate and interact different disciplines on an information platform through the sharing and interrogation of the digital twin of the monumental complex under study obtained starting from highly reliable three-dimensional survey operations.

Keywords
digital twin, accessibility, 3D survey, artificial intelligence, augmented reality

Inclusive routes tour. Graphic elaboration by the authors.

doi.org/10.3280/oa-1016-c342

Introduction

Expanded accessibility and inclusiveness in field of Cultural Heritage are still immature topics in Italy [Barone, Ferrara 2021, p. 112], in many cases they are limited to the only concept of overcoming architectural barriers. Furthermore, research protocols and guidelines for design of inclusive visits, even virtual ones, have not been established [Cefai 2021, p. 58]. The topic has been tackled in academic contexts without the organicity and continuity that would be necessary to be able to flow into theoretical structures, tested methodologies and prescriptive actions. Nowadays, dealing with the topic of accessibility, in broad terms that involve sensorial and cognitive field too, offers the possibility to communicate knowledge to an increasingly wide and heterogeneous audience. However, using the support of technologies about integrated systems of telecommunication and which allow to users to create, to store up and to exchange information, it is possible to increase cultural accessibility and to improve the sustainable management of Cultural Heritage through the enhancement of livability for residents and attractiveness for visitors [Maietti, Ferrari, Medici 2018, pp. 446-455]. Such a tool, organized opportunely, allows to reach a high level of knowledge that offers also the possibility to design inclusive routes, both real and virtual, on site and remotely, that allow to experience new, immersive fruition experiences and of augmented knowledge. However, it requires the definition of a broad plan of enhancement of the asset, based on an holistic-systemic vision that, considering the widest applications of ICT, exalts its pervading potentialities and aims to excellence of the product. In this sense in architecture and archeology field too, the process of management of asset – in broad sense – seems to reach a good level of maturation through the creation of a digital twin, conceived as a virtual and dynamic reproduction of a product or of an urban field that, shaped and questioning properly, behaves similarly to its real counterpart.
So, digital twin can be considered as a system conceived to analyze the behavior of real object in future scenarios, for example to simulate operations of repairs, restorations or refunctionalization, to predict museal or visit routes, to define actions of preservation and of mitigation of risks, reducing costs and times of development of a traditional design.

Real object: from the study of available sources to analytical description

The Aragonese Castle of Ischia [1] is the case study presented for the application of this integrated methodology, it is a place featured by different accessibility and at the same time it is container of exclusive assets, characterized by architectural and geo-morphological oneness: the castle – word which indicates the entire fortified citadel perched on a rock of volcanic origin in the eastern part of the island – contains as a box artistic assets, archeological emergencies and landscape views of inestimable value and recognized at international level [Capano 2020, pp. 619-622]. Orographic peculiarities of the islet, combined with careful defensive organization of open spaces, make it difficult to access, just as the lack of historical documentation means that there are still many elements to be clarified (fig. 1).
The castle of Ischia was built on the islet known as *insula minor* in the second half of the XIII century, during the Angevin reign. The Ischia Island has been characterized by intense seismic activity since pre-historical and historical age. The catastrophic eruption of 1301 destroyed the main village of the major island, driving to suddenness urbanization of the islet [Castagna 2017, pp. 11-22]. Before conquering Naples, Alfonso of Aragon stayed on Ischia, checking the strategic possibilities of these places. During his reign he built a modern castle – as well as today we know it – next to the Angevin fortress.
Methodological experimentation conducted about this case study fits into most general problem of knowledge for spreading and fruition in a cultural tourist route of hardly usable architectures and places. Furthermore, rapid building changes which have materialized in the whole Campania territory, above all since the mid-twentieth century, often changed significantly the configuration of places, altering or even compromising the permanence of those products that show an undoubted historical and architectural interest. Currently for-

Fig. 1. Drone photo of the islet where the Aragonese Castle of Ischia stands. Photograph by the author.

tified products, despite they are devoid for a long time of functions that made necessary their building because of a control of territory, still have great importance in Campania, both their position in landscape and because they are document of themselves, that is material evidence of historical events and of technical-constructive culture of places featured by not homogeneous events and pulsions of development (fig. 2).
Therefore, the castle of Ischia offers the possibility to experiment and to define a methodological approach aiming to realization of digital twin linked to Cultural Heritage, because at the same time it is an unitary object and witness of a complex urban situation.
The fortified citadel hosts, in fact, many architectural emergencies connected by interwoven paths and featured by considerable morphological complexity (fig. 3). Only a few elements are mentioned:

- the Assunta Cathedral (on which this study focuses mostly) was built after the eruption of the Arso in 1301 to replace the destroyed existing cathedral on the *insula major*. It was built on the top of a pre-existing chapel which became in this way the current crypt, full of precious medieval frescoes. It experienced its maximum splendor in years of Renaissance and, in particular, when it hosted the wedding of Vittoria Colonna and Ferrante d'Avalos in 1509. Today it is in a state of ruin due to bombings inflicted in 1809 by the Anglo-Bourbon troops and by the subsequent abandonment for over a century;
- the Santa Maria of Consolazione Convent, with entrance hall and cloister, was built in 1575 and housed up to 40 cloistered nuns. The Convent was suppressed in 1810 with the secularization law issued by Gioacchino Murat, King of Naples;
- the Immacolata Church, built starting from 1737 in place of a previous chapel dedicated to San Francesco. It has a greek cross plan with the addition of a presbytery and of an entrance pronaos. The internal space, richly decorated with frames, pilasters and baroque stuccoes, is concluded by an high dome planned on a circular drum;
- the Cemetery of Nuns, realized in the XVI century, is located below the Immacolata Church. It consists of a series of rooms, covered by low barrel vaults, which house masonry chairs on which the lifeless bodies were seated. The meat decomposed slowly, the juices were collected in special vessels and finally the dried skeletons were piled up in the ossuary.

Fig. 2. Abraham Ortelius, *Ischia quae olim Aenaria*, 1590. Bibliothèque Nationale de France IFN-10101436. Public domain <http://ark.bnf.fr/ark:/12148/cb445873153>.

Fig. 3. Fortified citadel view by the only access route. Photograph by the author.

- the bourbon prison was inaugurated in 1823 by the Bourbons of Naples. In 1851, together with criminals, political prisoners were locked up, including Carlo Poerio, Michele Pironti, Nicola Nisco and Filippo Agresti. The sturdy doors, the massive gates, the various sentry boxes testify the severity of the prison.

The creation of digital twin: methodology of work and work packages

The castle of Ischia represents an ideal test bench to test an integrated procedure aiming at facilitation of fruition and accessibility, in all phases of design, from the acquisition of dimensional data to modelling of parts and to their fruitive and interactive performance.
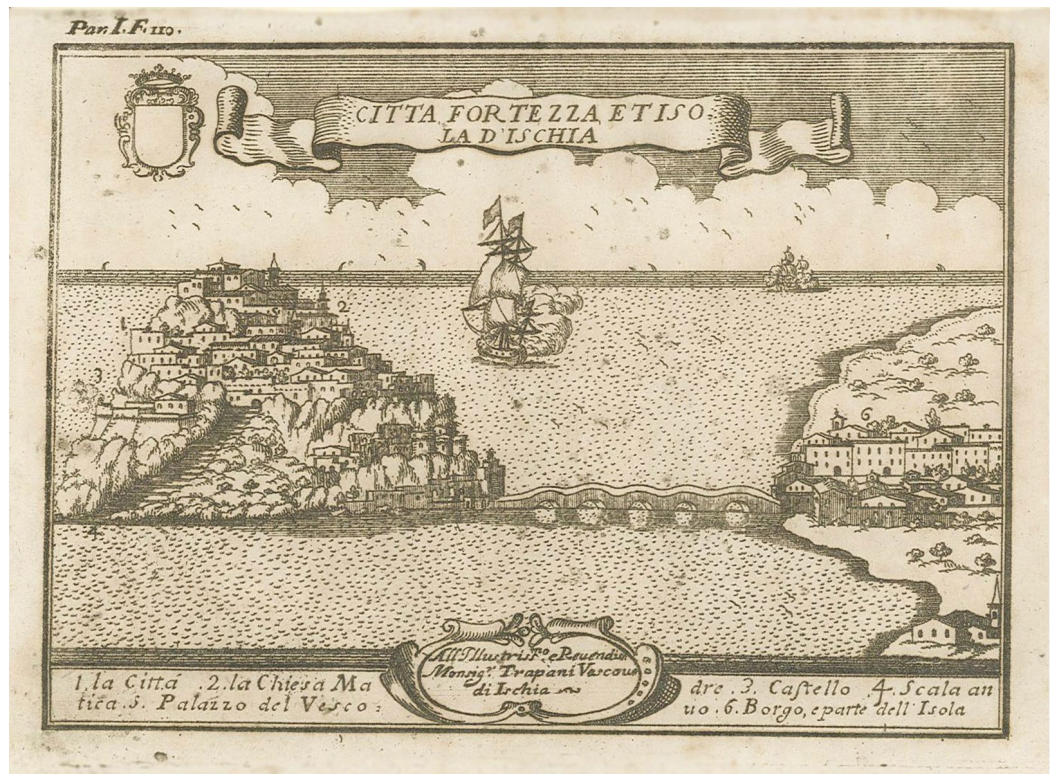
Fig. 4. Giovan Battista Pacichelli, *Citta, Fortezza, et Isola d'Ischia*, 1703.

By an applicative point of view, the work means to use technologies of mixed realities (with particular reference to applications of augmented reality) and of applications of artificial intelligence, based on geometric models obtained by aerial and terrestrial photogrammetric survey and by terrestrial laser-scanning, usable through web-based applications through that it is possible to interact in real-time.
The overall methodology of project is articulated in two parallel fields: with reference to cultural studies, to identities and historical-social memories and to artistic and architectural heritage, the use of case study offers the possibility to apply analytic processes and then testing them and finally validating them with the goal to make them repeatable on every other object with similar features (fig. 4).
The expected result is precisely the construction from scratch of a digital twin capable to make all characteristics of an urban space evident and legible, meant as combination of material and immaterial heritage. In scope of computational modelling and digitization in cultural field the use of the case study intends to apply the methodology of digital survey with the goal to create a model of the object that allows to enrich with ever greater precision the digital heritage database. The expected result is the enrichment of knowledge and the facilitation of access to Cultural Heritage.
The proposed methodology based on a multilevel approach that combines and integrates all data that come from work packages – known as WP and organized in logical sequence – in accordance with rising phases of analysis illustrated in the image (fig. 5).
The first phase of work, indicated as WP1, is the one in which data derived by survey activity and representation, integrated by documentary and cartographic analysis and by analysis of urban features, are acquired and digitized. This work package implies the use of different tools based on multiscalar digital researchers: images derived by open available system, images create through 3D survey image and range based, new digital cartographies produced by comparison of historical cartography and archive data (fig. 6).
It aims to provide the inventory of all necessary data to enrich the information provided by analysis, recognition and census data, to catch the key features of place, guaranteeing a complete interpretation. The attention is turned both morpho geometric data and building, decorative and structural details (fig. 7). The toolkit of operations of digital survey is poured
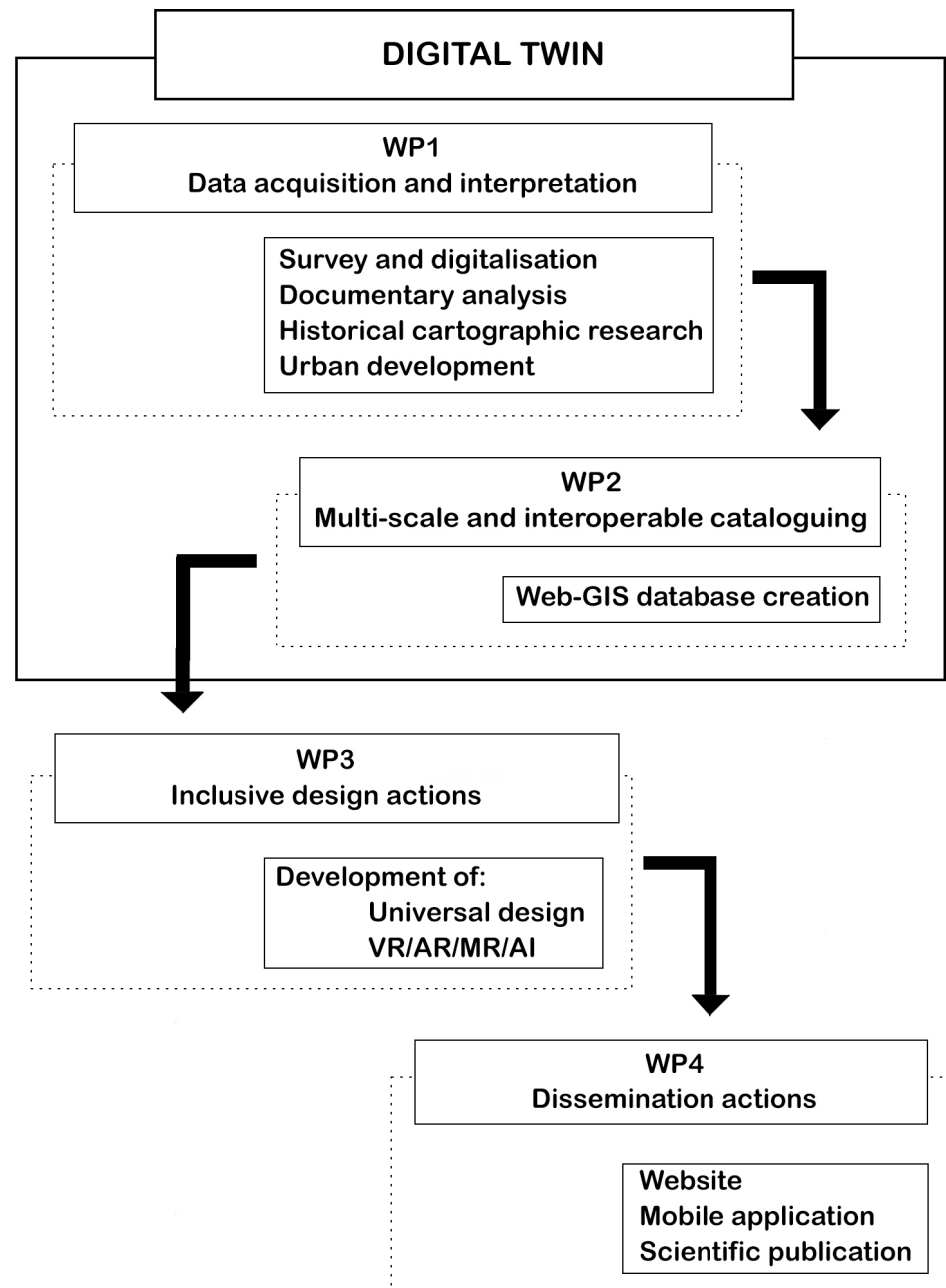
Fig. 5. Methodological scheme of research. Elaboration by the authors.

in the second phase of work – WP2 – and it contributes to the creation of a GIS categorized and georeferenced system and a web-oriented database, which is simple to use and interactive, meant as interface of available platform for interested users to knowledge and to information retrieval. It is a practice that goes beyond the precision of typical evaluation on a large scale and arranges a toolkit that uses the power of digital survey to describe and classify the case study.
In this work package, the castle of Ischia is the essential input for the creation of GIS in which the new planimetries, derived by survey actions and historical cartographies raised in analytic phase, converge (fig. 8).
Ones the web-GIS database has been created the activity are oriented towards the validation phase dedicated both check of reliability of acquired data in WP1 and scenery of fruition of place obtained by the new WP2. The tools developed in this WP2 aim to standardize and automate the data collection phase carried out in WP1 through digital survey operations that have allowed the creation of a categorized and georeferenced

Fig. 6. 3D models by digital survey of some architectural emergencies in the Castle. Graphic elaboration by the authors.
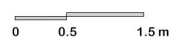
Fig. 7. Orthoimage of right wall of the noble crypt of Assunta Cathedral. Graphic elaboration by the authors.
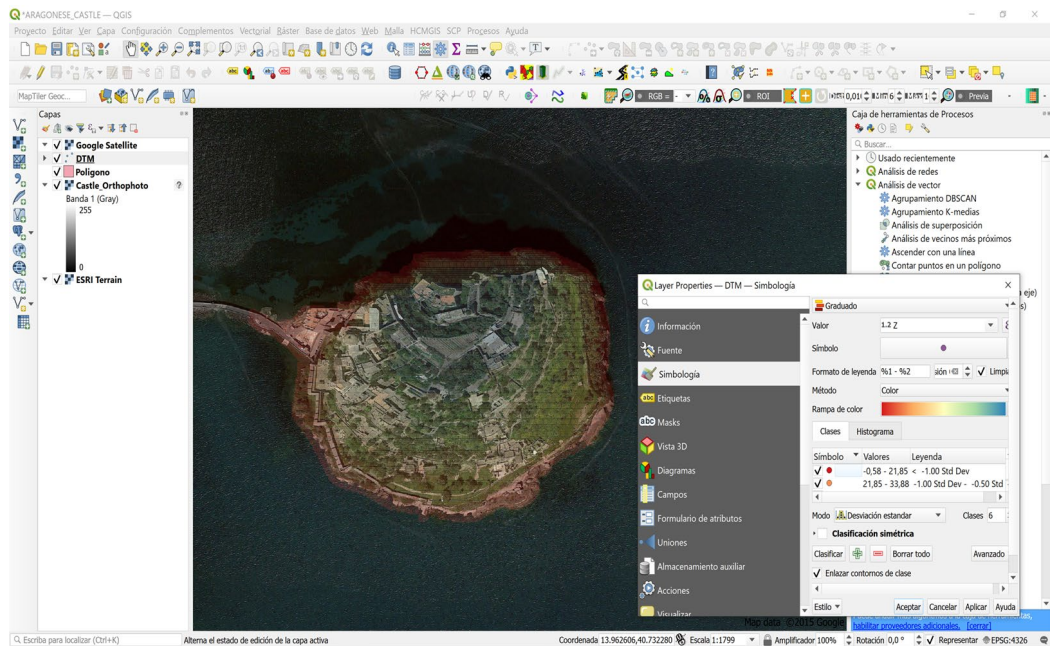
Fig. 8. GIS interface with DEM of fortified islet. Graphic elaboration by the authors.

GIS and web-oriented database, easy to use and interactive, intended as interface for knowledge and fruition. On the basis of collected and organized data in a multi-scalar way, guidelines can be elaborated – in third phase WP3 – about the inclusiveness of Cultural Heritage in complex contexts by a morphological and urban point of view. These rules concern the best practice for universal design and expanded, physical and virtual tourist fruition and they take into consideration the most modern technologies for physical and virtual overcoming of architectural barriers and virtual, augmented and mixed reality techniques, also exploiting artificial intelligence, with the goal to make better the approach of stakeholders to the interested place (fig. 9).
Lastly, it proposes the spread of results as essential activity for all WP4 which is totally reserved to this goal both through the creation of a web platform dedicated and through web GIS to spread data.

Conclusions

Digitization of built heritage is a strongly debated topic in academic and professional field. The potentialities offered by digital in this field are theoretically unlimited, if we only think to the advancement of research and productivity in already technologically structured sectors such as manufacture, automotive and aerospace (just to name a few).
The construction sector in general, and that of Cultural Heritage in particular, are facing the new challenges offered by technology in proactive, but sometimes disorganized way. Virtual, augmented and mixed reality (fig. 10), artificial intelligence, parametric modelling, three-dimensional survey certainly represents the tools which, critically used and directed in digital twin, can provide new life to Cultural Heritage by many points of view: scientific research, dissemination, enhancement, tourism, maintenance, restoration. Taking the example of the case study, the completion of digital twin will lead to a significant advance of research on the Aragonese Castle of Ischia with immediate positive effects by a cultural and tourist point of view. Suffice it to think that the sharing of information on an open source web platform, for a place that is already in itself difficult to access such as the island of Ischia, will allow many scholars to undertake or to con-

Fig. 9. An application of AI for automatic recognition of accessible routes. Graphic elaboration by the authors.

tinue their studies on the subject more easily. Furthermore, the immediate availability of infographics and analytical data (fig. 11) induce to an immediate simplification of all maintenance, restoration and re-functionalization interventions that such a complex work requires over time, with a better dialogue also with the public administrations. Furthermore, the dissemination actions (cultural events, websites, applications for mo-
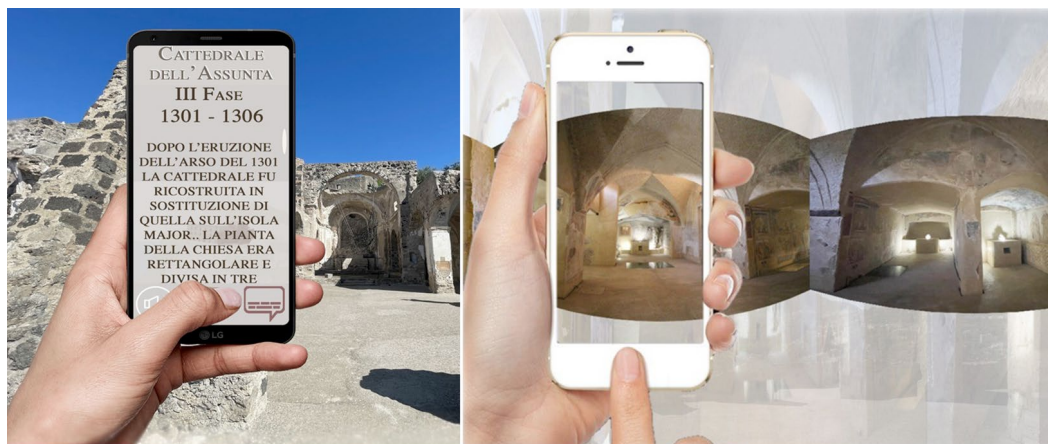
Fig. 10. Augmented reality applications for some visit routes to the Castle. Graphic elaboration by the authors.

Fig. 11. Orthoimage of the roofs of the Assunta Cathedral and relative survey graphic. Graphic elaboration by the authors.

bile devices, academic workshops, national and international conferences) bring about positive effects for the entire territory of the island of Ischia, with a significant induced due to cultural tourism and study trips.

Credits

The Department of Civil, Building and Environmental Engineering of the University of Naples Federico II has stipulated a scientific collaboration agreement with Castello Aragonese s.a.s, the society that manages most of the assets present on the fortified islet, in order to define applicative and research methodologies to improve the enhancement and inclusiveness of architectural and landscape architectures hosted: the scientific responsible for the Department is the engineer Saverio D'Auria, for the society is the architect Nicola Mattera.
This paper is only a synthesis of the wider research work and is the result of the joint efforts of the authors; in particular Maria Ines Pascariello is the author of the Introduction and the paragraph 'The real object: from the study of available sources to the analytical description', Saverio D'Auria is the author of the paragraph 'The creation of digital twin: methodology of work and work packages' and of the Conclusions, Tomás Enrique Martinez Chao participated in all the survey activities and processed the images in fig. 5, fig. 8 and fig. 9.

References

Amirante G., Pessolano M.R. (Eds.). (2008). *Territorio, fortificazioni, città. Difese del Regno di Napoli e della sua capitale in età borbonica*. Naples: Edizioni Scientifiche Italiane.

Barone Z., Ferrara C. (2021). *Linee guida per un protocollo all'accessibilità della città storica di Palermo*. Palermo: Edizioni Caracol.

Campi M., di Luggo A., Scandurra S. (2017). 3D Modeling for the knowledge of Architectural Heritage and virtual reconstruction of its historical memory. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII2/W3, pp. 133-139.

Capano F. (2006). Ischia tra Cinquecento e Ottocento. In C. de Seta, A. Buccaro (Eds.). *Iconografia delle città in Campania. Napoli e i centri della provincia*, pp. 217-237. Naples: Electa Napoli.

Capano F. (2020). L'isolotto del castello di Ischia. In A. Buccaro, M. Rascaglia (Eds.). *Leonardo e il Rinascimento nei Codici Napoletani. Influenze e modelli per l'architettura e l'ingegneria*, pp. 619-622. Poggio a Caiano: CB Edizioni.

Castagna R. (2017). Il Castello Aragonese di Ischia nei secoli della decadenza. In *La Rassegna di Ischia*, No. 6, pp. 11-22.

Cefai S. (2021). *Guidelines for accessibility in the historic city of Valletta*. Palermo: Edizioni Caracol.

Cucinella M. (2018). *Arcipelago Italia. Progetti per il futuro dei territori interni del Paese. Padiglione Italia alla Biennale Architettura 2018*. Macerata: Quodlibet.

D'Ascia G. (1867). *Storia dell'isola d'Ischia descritta da Giuseppe D'Ascia*. Naples: Stabilimento Tipografico di Gabriele Argenio.

D'Auria S., Luglio M., Roseti C., Strollo R.M., Zampognaro F. (2016). Real time transmission of cultural heritage 3D survey in case of emergency. In J. Pielorz, R. Duro, A. Preinerstorfer (Eds.). *3rd International Conference on Information and Communication Technologies for Disaster Management (ICT-DM)*, *Vienna, 13-15 December,* pp. 1-6. IEEE Catalog Number CFP1628X-ART.

De Luca L. (2020). Towards the Semantic-aware 3D Digitisation of Architectural Heritage: The "Notre-Dame de Paris" Digital Twin Project. In *SUMAC'20: Proceedings of the 2nd Workshop on Structuring and Understanding of Multimedia heritAge Contents, Seattle, 12 October 2020*, pp. 3-4. New York: Association for Computing Machinery.

Delizia I. (1990). *Ischia d'altri tempi*. Naples: Electa Napoli.

Delizia I. (1991). Il castello di Ischia. In *Napoli nobilissima* monographic issue: Ricordo di Roberto Pane, No. 1, pp. 264-274.

Di Lustro A. (2010). *Ecclesia Maior Insulana, La Cattedrale di Ischia dalle origini ai giorni nostri*. Forio: Puntostampa.

Fistola R., Rastelli A., Pham C., Amore F. O. (2020). Augmented reality for cultural heritage: a new dimension for the perceptual knowledge. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference Florence Heri-tech: the Future of Heritage Science and Technologies, 14-16 October 2020, Online Edition*, Vol. 949, pp. 1-9. Bristol: IOP Publishing.

Loperfido A. (1914). *Livellazione geometrica di precisione*. *Isola d'Ischia* e *Vesuvio*. Florence: Tipografia Barbera.

Maietti F., Ferrari F., Medici M. (2018), An inclusive approach to Digital Heritage for knowledge and conservation of European assets: the INCEPTION project. In C. Gambardella (Ed.). *World heritage and knowledge. representation, restoration, redesign, resilience*. Rome: Gangemi.

Monti P. (1980). *Ischia Archeologia e Storia*. Naples: F.lli Porzio.

Nappi R., Alessio G., Bellucci E. (2010). A case study comparing landscape metrics to geologic and seismic data from the Ischia Island (Southern Italy). In *Applied Geomatics*, No. 2, pp. 73-82.

Ozdemir E., Remondino F. (2018). Segmentation of 3D photogrammetric point cloud for 3D building modeling. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-4/W10, pp. 135-142.

Pilato S. (2015). *La cappella dei Calosirto. Il ritrovamento di un oratorio gentilizio nascosto*. Ischia: Castello Aragonese d'Ischia.

Pine B. J., Gilmore J. H. (2015), *L'economia delle esperienze*. Milan: Etas.

Scandurra S., Pulcrano M., Cirillo V., Campi M., di Luggo A., Zerlenga O. (2018). Integrated survey procedures for the virtual reading and fruition of historical buildings International. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2, pp. 1037-1044.

Tilden F. (2009). *Interpreting our heritage*. USA: University of North Carolina Press.

Authors
Saverio D'Auria, Università degli Studi di Napoli Federico II, saverio.dauria@unina.it
Maria Ines Pascariello, Università degli Studi di Napoli Federico II, mipascar@unina.it
Tomás Enrique Martinez Chao, Università degli Studi di Napoli Federico II, tomasenrique.martinezchao@unina.it

To cite this chapter: D'Auria Saverio, Pascariello Maria Ines, Martinez Chao Tomás Enrique (2023). Il digital twin dei siti culturali per l'inclusività e la valorizzazione. Il Castello Aragonese di Ischia/Digital Twin of Cultural Sites for Inclusiveness and Promotion. The Aragonese Castle of Ischia. In Cannella M., Garozzo A., Morena S. (Eds.). *Transizioni. Atti del 44° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Transitions. Proceedings of the 44th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 1153-1174.

 Isbn 9788835155119